RESEARCH HIGHLIGHT

October 2005

Technical Series 05-114

REDUCTION OF AIRBORNE PARTICLES IN HOUSES WITH OCCUPANTS HAVING RESPIRATORY AILMENTS

INTRODUCTION

An expanding body of public health research has identified airborne particles as a cause of respiratory ailments. A number of studies have examined the concentration of fine particles in indoor air and the incidence of respiratory complications. In these studies, the average concentration over the period of one or more days was considered. Little attention has been paid, however, to variation in concentration over shorter time scales, such as over the course of a day. This can be investigated by sampling the air at multiple indoor locations and counting the particles in the sampled air streams using a laser counter. This approach, already used in previous CMHC studies, facilitates an understanding of the fluctuation in indoor air particle concentrations.

PROJECT OBJECTIVE

The ultimate goal of this effort is to determine how the concentration of indoor airborne particles can be reduced so as to improve air quality for occupants with respiratory ailments. This study aimed to document, over periods of several days, the evolution of airborne particle concentrations in five houses, to determine the factors influencing the evolution of these concentrations, including activities such as cleaning or carpet removal, and to evaluate the efficacy of measures normally recommended for the reduction of airborne particles.

PROCEDURE

Measurement of Particle Concentrations

Five houses, differing in age, construction, and heating system, were chosen; each had at least one occupant suffering from a chronic respiratory ailment (such as asthma or chronic obstructive pulmonary disease). Particle concentrations were measured with a laser counter calibrated to detect particles ranging in size from 0.3 microns to 0.5, 1, 5, or 10 microns. The number of particles for a fixed sampling period and rate was converted to units of $\mu g / m^3$. As per the adopted naming convention, PM 1 is ascribed to the mass of particles in the size range of 0.3 to 1 microns contained in a cubic meter of air, and PM 10 the concentration of particles in the range of 0.3 to 10 microns. A range of household activities and air quality corrective measures were carried out, typically separated by an elapsed period of two to four days. Measures were taken during summertime and during the heating season, when windows and doors were kept closed. The laser particle detector was connected to a sampling rig that permitted the analysis of the air from five different locations: one outside, at 1 m from the building, and four inside the house, of which one was in the basement and another in the bedroom of the occupant afflicted with the respiratory ailment.

Canada

CMHC SCHL
HOME TO CANADIANS

Validity and Limitations of Measurements

The primary test equipment failed part way through this study; a second testing apparatus, more compact and easy-to-use than the primary equipment, but utilizing discrete rather than continuous sampling, permitted the completion of the study. The measurements of the secondary apparatus were validated for particle sizes in the range of 0.5 to 5 microns. The measurements taken in this study can be used with confidence, especially in analysis involving relative variation in concentration levels, considering that:

- The PM 10 exterior measurements and the exterior air quality index, as evaluated by the Montréal air quality measurement network, was verified to be strongly correlated on a number of days.
- There was a strong correlation between the measurements taken by the two test apparatus, despite differences in equipment and utilization, and given that the optical counters are accurate only to within 20 per cent.
- When the same house was tested twice, first with the primary apparatus and then, following an elapsed period of several months, with the secondary apparatus, similar particle levels and air quality problems were observed in both cases.

The houses in this study were occupied during monitoring, imposing certain limitations on the conclusions that can be drawn due to the marked influence of occupant activity on particle concentrations. The nature of the meal prepared in the house on a given day, or even the unusually forceful drawing of a curtain, could cause a peak in particulate emission and exert the same level of influence on the average concentration for the day as, for instance, the configuration of the ventilation or filtration system. The impact of changes in the ventilation or central filtration system configuration could be unambiguously identified only in an unoccupied house.

Finally, it was noticed that the measurements of one of the laser detectors were distorted by conditions of unusually high relative humidity in the outside air due to, haze-forming conditions and in the inside air (resulting from cooking or showering). This was manifested by a strong increase in the measured values. This was observed in the outside air measurements on a single day only, for which data were consequently disregarded.

Presentation and interpretation of measurements

For every 24-hour measuring period, measurements taken every 10 to 20 minutes were plotted as a time series and the average for each measurement location was calculated for the same period. The following figure is an example of the results from a house with a ventilation heat recovery unit, employing a HEPA filter, providing fresh air to the basement and exhausting air from upstairs landing, with the bedroom doors closed. This example illustrates the possibilities of using laser detectors with sampling at multiple locations in order to identify household airborne particle problems, and potential solutions for those problems.

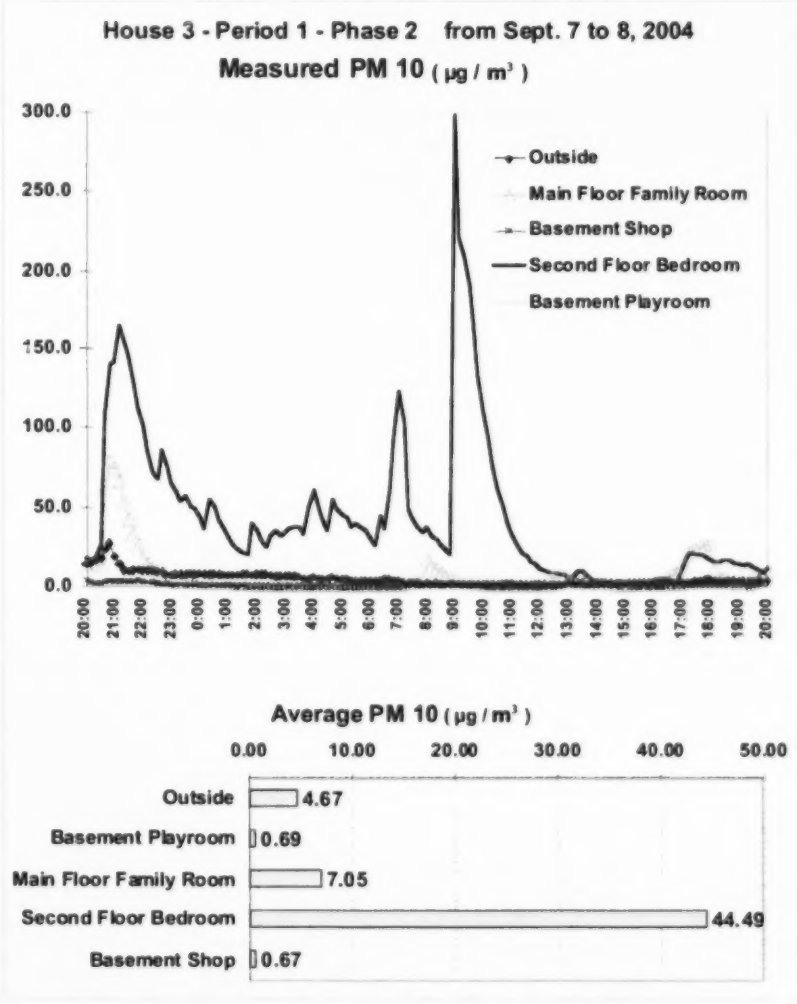

Figure 1: House 3 - Period 1 - Phase 2 Bedroom door closed HRV with HEPA filter providing fresh air to basement. Inside air exhausted from upstairs landing.

106-03284/

Figure 1 readily reveals the situation in this house:

- The ventilation heat recovery unit with HEPA filter is capable of purifying the air to good effect in the rooms to which it supplies fresh air directly, as evidenced by particle concentrations approximately one-tenth those of the exterior air and one-tenth the average for the entire house. The utility of purifying the air in these little occupied rooms is questionable, however.
- The bedroom, with its door closed, benefits neither from the supply of filtered air nor from the removal of contaminated air via a single exhaust vent located on the same floor level.
- The elevated night time concentrations of airborne particles in the children's bedroom, ten times higher than in the exterior air, points to the bedding as the source of emissions. Bedtime, about 21:30, is followed by a period of moderately high concentrations punctuated by peaks, attributable to the sleeping child's movements; the child rises around 6:30. This hypothesis is tested and confirmed by the shaking of the pillow and duvet, both of goose down, giving rise to the peak at 9:00 on the morning of September 8.
- Household activity peaks around 8:00, 13:00 and 17:00, as reflected in the concentration levels of the main floor, where the kitchen and family room are located.
- Outside periods of peak emissions, particle concentrations tend toward levels below that of the exterior air.

These types of observations guided this study in its investigation of measures aimed at reducing household particle concentration levels. Similarly, these types of observations underpin the generalizations and conclusions of the project. It must be noted that the interpretation of these observations has emphasized the relative, rather than absolute, concentration levels, and particularly the levels relative to the exterior air concentration.

RESEARCH RESULTS

Four of the houses studied here were between 10 and 30 years old. One was a townhouse with electric forced air central heating; two houses (one bungalow + one two-storey) had forced air central heating utilizing both electricity and oil; and one was a two-storey house with electric baseboard heaters. A fifth dwelling was the upper storey of a duplex more than 50 years old, located in downtown Montréal, and with electric baseboard heating.

The ratio of interior to exterior PM1 and PM10 readings showed significant variation from one day to the next and, more significantly, between the different houses. In all houses, in both indoor and outdoor measurements, the PM1 and PM10 measurements are nearly perfectly correlated: a change in PM10 was echoed by a virtually identical, simultaneous change in PM1.

The strongest increases in household particle levels were caused by the activities of the occupants, notably cooking and handling of bedding, curtains, and certain upholstered furniture. Houses with little clutter and a majority of surfaces being hard or smooth appeared to have less pronounced particle concentration peaks, outside of cooking times, if cleaned regularly (for example, more than once a week, with bedding and carpets cleaned several times a year). In all houses, periods of low occupant activity, such as night or when occupants were absent, were characterized by interior particle concentrations tending to stabilize at levels below that of the outside air.

Filtration systems can effectively lower particle concentration levels, but only during periods of little occupant activity, such as when occupants are sleeping, and only in those rooms directly furnished with the filtered air. The monitored data did not show particle concentrations being strongly influenced by carpet removal or housekeeping over a two-day period following the event.

RESEARCH CONCLUSIONS

The variation in PM1 and PM10 in household air is considerable over the course of a day. The measures of the particle level of these two categories of size are correlated, their evolution following the same profile in time. Over a day, several pronounced peaks in particle concentration, sometimes attaining levels several orders of magnitude greater than the concentrations levels in the house during periods of minimal activity, are generally observed. Filtration systems are unable to respond instantly to such peaks. The peaks usually stem from occupant activities.

- A house can be considered a reservoir of particles, ready to be launched into airborne suspension by occupant activity, regardless of exterior particle concentrations.
- The mean household particle concentration and the outside air particle concentration are correlated, as observed on days when there is little occupant activity or in houses relatively clean of "stored" particles. The correlation is negligible or absent during times of high occupant activity or in houses with significant stored sources of particles.
- During periods of occupant activity, interior airborne particle concentrations will rise, in both the 1 micron and 10 micron range of particle sizes, regardless of the capacity or effectiveness of an air filtration system.
- A filtration system can be effective at reducing average daily airborne particle concentrations during periods of low or no occupant activity, notably during the night.
- A filtration system effectively reduces airborne particle concentration levels only in those rooms it supplies directly, suggesting that the filter, or the vent supplying filtered air, should be located, for example, in occupied bedrooms.

Given the small number of houses studied in this project, it was not possible to determine a direct link between better indoor air quality and improved occupant health.

CMHC Project Manager: Don Fugler

Consultants: TN Conseil

Housing Research at CMHC

Under Part IX of the *National Housing Act*, the Government of Canada provides funds to CMHC to conduct research into the social, economic and technical aspects of housing and related fields, and to undertake the publishing and distribution of the results of this research.

This fact sheet is one of a series intended to inform you of the nature and scope of CMHC's research.

To find more *Research Highlights* plus a wide variety of information products, visit our website at

www.cmhc.ca

or contact:

Canada Mortgage and Housing Corporation
700 Montreal Road
Ottawa, Ontario
K1A 0P7

Phone: 1 800 668-2642
Fax: 1 800 245-9274

©2005, Canada Mortgage and Housing Corporation
Printed in Canada
Produced by CMHC 30-09-05

OUR WEBSITE ADDRESS: www.cmhc.ca

Although this information product reflects housing experts' current knowledge, it is provided for general information purposes only. Any reliance or action taken based on the information, materials and techniques described are the responsibility of the user. Readers are advised to consult appropriate professional resources to determine what is safe and suitable in their particular case. Canada Mortgage and Housing Corporation assumes no responsibility for any consequence arising from use of the information, materials and techniques described.

64855

LE POINT EN RECHERCHE

Octobre 2005 Série technique 05-114

RÉDUCTION GÉNÉRALE DES PARTICULES DANS LES MAISONS OÙ LES OCCUPANTS SOUFFRENT DE MALADIES RESPIRATOIRES

INTRODUCTION

Les particules aéroportées sont de plus en plus identifiées comme cause de problèmes respiratoires dans les recherches sur la santé publique. Plusieurs études ont porté sur les taux de particules fines aéroportées à l'intérieur des maisons et sur leurs conséquences sur les malaises respiratoires. Ces études portent sur des taux moyens mesurés avec précision sur des périodes de un à plusieurs jours. Cependant, moins de travaux se sont intéressés aux variations de ces taux à l'intérieur d'une journée. Un banc d'échantillonnage d'air à plusieurs canaux, relié à un compteur laser, comme celui utilisé dans des études antérieures de la SCHL, permet d'observer ces variations et de mieux comprendre la dynamique des particules à l'intérieur d'une maison.

OBJECTIF DU PROJET

Le projet vise à comprendre comment les taux de particules en suspension à l'intérieur des maisons peuvent éventuellement être réduits de manière à offrir un meilleur environnement aux occupants atteints de maladies respiratoires. Pour ce faire, on étudie les variations de ces taux sur des périodes de quelques jours, avant et après certaines actions comme faire le ménage, enlever un tapis, installer ou utiliser différemment un appareil de filtration. Avec ce projet, la SCHL a comme objectif de comprendre comment évoluent les taux de particules dans cinq maisons différentes, ce qui peut les influencer, et si les méthodes habituellement préconisées pour les réduire sont réellement efficaces.

MÉTHODOLOGIE

Mesure des taux de particules

On a choisi cinq maisons ayant une architecture ou des systèmes de chauffage différents, ayant été construites à différentes périodes, et dont au moins un des occupants souffre d'une maladie respiratoire chronique (comme l'asthme ou un maladie pulmonaire obstructive chronique). Les taux de particules ont été mesurés à l'aide d'un compteur laser calibré pour différents intervalles de dimensions des particules entre 0,3, 0,5, 1, 5 et 10 microns. Le décompte des particules sur un intervalle de temps à un débit d'échantillonnage constant était converti en µg / m^3. On appelle PM 1 la masse des particules contenues dans 1 m^3 d'air, dont la taille est comprise entre 0,3 et 1 micron et PM 10 la masse de celles comprises entre 0, 3 et 10 microns. Les périodes typiques d'évaluation du comportement des maisons entre deux actions visant à réduire leurs taux particules, étaient de 2 à 4 jours. Les mesures ont été prises en période estivale et pendant la saison de chauffage (maison fermée). Le compteur laser était relié à un banc d'échantillonnage d'air qui permettait de suivre 5 canaux en parallèle : 1 à l'extérieur (à 1 m du bâtiment), 4 à l'intérieur de la maison, incluant le sous-sol et la chambre de la personne malade.

Canada

SCHL CMHC
AU CŒUR DE L'HABITATION

Validité et limites des mesures

La méthodologie a pu être consolidée grâce à l'utilisation forcée d'un autre banc de mesure, suite à une panne du premier banc utilisé. Les mesures obtenues avec un appareil plus compact et facile à utiliser mais à débit intermittent, ont été validées dans la gamme de 0,5 à 5 microns. Nous sommes confiants de la validité de nos mesures, surtout si on base l'analyse sur les variations relatives des taux mesurés. Cette confiance est appuyée par plusieurs faits résultant de nos mesures.

- On a observé sur plusieurs jours une bonne corrélation entre les PM 10 extérieurs et les indices publiés sur la qualité de l'air extérieurs par le réseau de surveillance de la qualité de l'air de Montréal.
- On a constaté une bonne corrélation entre les deux compteurs même avec des méthodes et des bancs d'échantillonnage différents, en prenant en considération que l'étalonnage des compteurs optiques est garanti à +/- 20 %.
- Après plusieurs mois, lorsque nous sommes revenus prendre des mesures dans la même maison, nous avons retrouvé grosso modo les mêmes ordres de grandeur de particules et les mêmes problèmes que ceux identifiés dans la première phase, mesures, même en utilisant l'autre banc de mesures.

Il y a des limites concernant les conclusions que nous pouvons tirer de nos mesures liées au fait que nous avons observé des maisons occupées de manière normale. Or, les activités des occupants ont une influence considérable sur les taux de particules. Une simple variation dans le type de repas préparé une journée ou le simple fait de tirer un rideau plus brusquement que d'habitude peut amener un pic d'émissions de particules qui, même s'il est ponctuel, peut conduire à une variation du taux moyen de particules cette journée-là, du même ordre de grandeur que l'influence d'une configuration différente du système de ventilation ou de filtration. L'incidence des changements de configuration des systèmes de ventilation ou de filtration centrale n'a pu être observée que dans une maison inoccupée.

Signalons enfin que nous avons observé une distorsion des lectures d'un compteur laser lors de certaines conditions d'humidité relative élevée à l'extérieur (par ex. conditions de brume sèche) ou dans la maison (activités de cuisine, douche). Cette distorsion se traduit par une très forte augmentation des valeurs des mesures. Ces conditions n'ont été observées que très rarement à l'extérieur (une journée seulement qui n'a pas été retenue).

Présentation et utilisation des résultats des mesures

Pour chaque période de mesure d'une durée typique de 24 h, les résultats ont été traités pour produire un graphique des mesures effectuées aux 10 à 20 minutes et un autre des moyennes par canal sur la période de mesure. La figure suivante est un exemple des résultats obtenus dans une maison où un ventilateur-récupérateur de chaleur avec filtre HEPA alimente le sous-sol en air neuf et extrait l'air vicié au palier de l'étage, alors que les portes des chambres sont fermées. Cet exemple illustre très bien les possibilités offertes par l'utilisation d'un compteur laser à plusieurs canaux pour identifier des problèmes de particules dans une maison, et suggérer des mesures correctives.

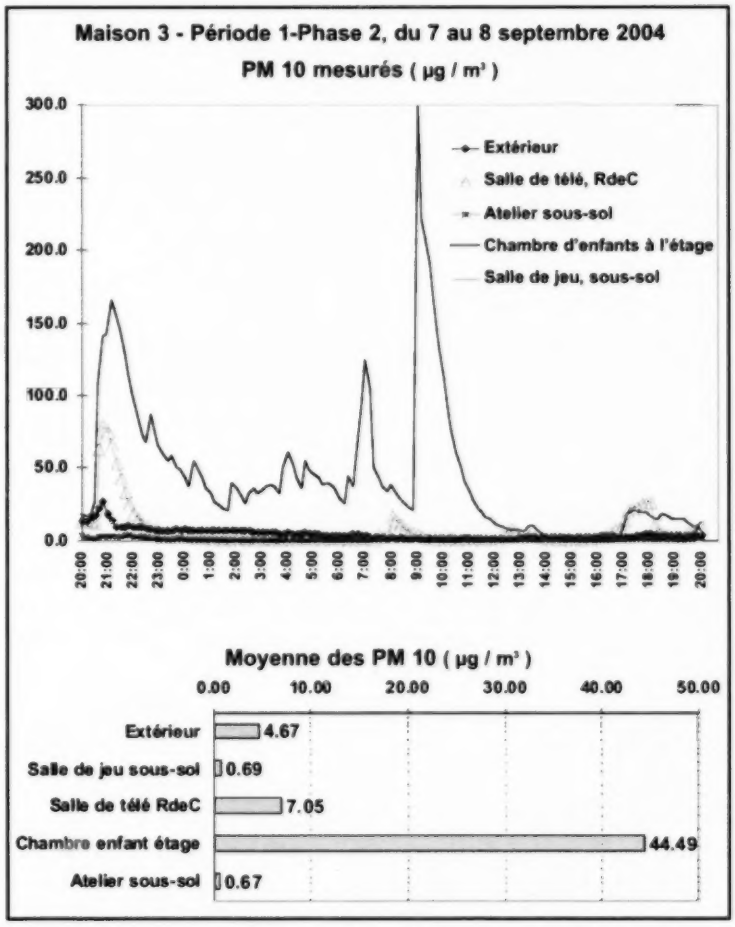

Figure 1 : Maison 3 - Période 1- Phase 2. Porte de chambre fermée. VRC à filtre HEPA alimentant le sous-sol. Extraction d'air couloir de l'étage des chambres.

Le graphique des mesures permet de rapidement comprendre ce qui se passe dans cette maison :

- Le VRC à filtre HEPA démontre sa très grande efficacité à purifier l'air des pièces qui se trouvent balayées par le flux d'air neuf filtré, avec des taux environ 10 fois plus bas qu'à l'extérieur et que la moyenne de la maison entière. Cependant, purifier l'air uniquement de ces pièces peu occupées est d'un intérêt discutable.
- La chambre ayant la porte fermée ne bénéficie pas de l'apport d'air filtré ni de l'extraction d'air vicié au point unique de l'étage des chambres.
- Les taux 10 fois plus élevés dans le chambre de l'enfant, surtout pendant les heures de sommeil la nuit, identifient la literie comme source de particules. On peut voir l'heure du coucher, vers 21 h 30, suivie d'une accalmie ponctuée de pics, probablement dus à l'enfant qui bouge occasionnellement pendant son sommeil, puis l'heure du réveil vers 6 h 30. Cette hypothèse est confirmée par l'essai de secouer volontairement la couette et l'oreiller (tous deux en duvet d'oie), qui donne le pic du matin du 8 septembre à 9 h.
- Les activités, plus intenses dans la maison vers 8 h, 13 h et 17 h, sont détectées au niveau de rez-de-chaussée dans la maison où se trouvent la cuisine et la salle familiale.
- En période d'accalmie, on voit que la tendance de la maison serait de se stabiliser à des niveaux de particules inférieurs à ceux mesurés à l'extérieur.

C'est ce type d'observations qui nous a guidés dans la recherche de mesures correctives visant à essayer de réduire les taux de particules dans la maison. Ce sont également les observations de ce type qui sont à la base de l'exposé des faits saillants et des conclusions du projet. En ce qui concerne l'interprétation des résultats, il est important de signaler que nous avons donné préséance à l'analyse de ratios, notamment par rapport aux taux de particules mesurés à l'extérieur plutôt qu'à l'analyse des valeurs absolues mesurées.

RÉSULTATS DE LA RECHERCHE

Quatre maisons étudiées étaient âgées de 10 à 30 ans : une maison de ville à chauffage central électrique à air chaud, deux maisons (un bungalow et une maison à deux étages) à chauffage central à air chaud bi-énergie (électricité/mazout), une maison à deux étages à plinthes électriques. Un cinquième logement était le haut d'un duplex de plus de 50 ans, chauffé par plinthes électriques, au centre-ville de Montréal.

Les ratios enregistrés sur des périodes de 24 h, des taux de PM1 et de PM10 à l'intérieur de ces maisons par rapport à l'extérieur, montrent de grandes variations d'une journée à l'autre et surtout d'une maison à l'autre. Dans toutes les maisons, à l'intérieur comme à l'extérieur, on observe une corrélation presque parfaite entre PM1 et PM10 : quand on observe une variation de PM10, le même type de variation affecte simultanément les PM 1.

Les plus fortes augmentations de particules dans les maisons étaient causées par les activités internes des occupants, incluant les activités de cuisine et lorsqu'on remue de la literie, des rideaux ou certains meubles rembourrés. Dans les maisons faciles à entretenir (peu encombrées, surfaces dures ou lisses en majorité) et faisant l'objet d'un ménage régulier (plus qu'une fois par semaine), incluant le lavage de la literie et des tapisseries plusieurs fois par année, on semblait observer des pics de particules moins intenses, en dehors des activités de cuisine. Dans toutes les maisons, l'examen des périodes d'inactivité (la nuit ou en absence des occupants) indique que les taux de particules à l'intérieur des maisons ont tendance à se stabiliser à des niveaux inférieurs aux taux de particules à l'extérieur de la maison.

Les systèmes de filtration peuvent être très efficaces, mais uniquement pour réduire les taux de particules pendant les périodes de faible activité (heures de sommeil par exemple) et à condition que l'air filtré soit fourni directement dans la pièce occupée où l'on désire en bénéficier (chambre à coucher par exemple). Les observations n'ont pas permis de voir l'influence d'un ménage ponctuel ou de l'enlèvement des tapis sur les taux de particules, au cours des 2 journées suivant ces actions.

CONCLUSIONS DE LA RECHERCHE

Les variations des PM1 et des PM10 à l'intérieur d'une maison varient considérablement au cours d'une journée. Le profil des courbes de variation des taux de particules de ces deux catégories de diamètre est parfaitement similaire. Au cours d'une journée, on observe généralement plusieurs brusques élévations des taux de particules (pics de particules) qui peuvent parfois atteindre des ordres de grandeurs plusieurs fois la valeur des taux observés dans la même maison au repos. Les systèmes de filtration ne peuvent réagir instantanément à de tels pics d'émissions de particules. Ces pics sont principalement causés par les activités des occupants à l'intérieur de la maison.

- Une maison peut être perçue comme un « réservoir » de particules qui peuvent, en période d'activité, se mettre en suspension dans l'air, indépendamment des taux de pollution extérieurs.
- Il existe une corrélation entre le taux moyen de particules sur une journée à l'intérieur de la maison et celui à l'extérieur de la maison. Cette corrélation s'observe bien entre les moyennes quotidiennes des taux de particules à l'intérieur et à l'extérieur des maisons ayant peu d'activités ou ayant peu de particules « en réserve ». Cette corrélation ne tient plus ou devient négligeable dans les maisons à forte activité ou avec beaucoup de particules « en réserve ».
- En période d'activité, les taux de particules aéroportées vont augmenter à l'intérieur d'une maison, aussi bien dans la gamme de 1 micron que de 10 microns et ce, quelle que soit la capacité ou l'efficacité du système de filtration.
- Un système de filtration peut être très efficace pendant les périodes de faible activité ou de calme dans la maison, la nuit notamment, et pourra donc diminuer la moyenne quotidienne du taux de particules aéroportées.
- Pour bénéficier des effets de la filtration de l'air, il faut que l'air filtré soit fourni directement dans la pièce où on veut en profiter. Cela implique par exemple de placer un filtre ou d'alimenter en air filtré les chambres à coucher occupées d'une maison.

Étant donné le faible nombre de maisons étudiées, ce projet n'a pas permis d'établir de lien direct entre une meilleure QAI et une amélioration de l'état de santé des occupants d'une maison.

Directeur de projet : Don Fugler

Contsultants : TN Conseil

Recherche sur le logement à la SCHL

Aux termes de la partie IX de la *Loi nationale sur l'habitation*, le gouvernement du Canada verse des fonds à la SCHL afin de lui permettre de faire de la recherche sur les aspects socio-économiques et techniques du logement et des domaines connexes, et d'en publier et d'en diffuser les résultats.

Le présent feuillet documentaire fait partie d'une série visant à vous informer sur la nature et la portée du programme de recherche de la SCHL.

Pour consulter d'autres feuillets *Le Point en recherche* et pour prendre connaissance d'un large éventail de produits d'information, visitez notre site Web à

www.schl.ca

ou communiquez avec la

Société canadienne d'hypothèques et de logement
700, chemin de Montréal
Ottawa (Ontario)
K1A 0P7

Téléphone : 1 800 668-2642
Télécopieur : 1 800 245-9274

©2005, Société canadienne d'hypothèques et de logement
Imprimé au Canada
Réalisation : SCHL 30-09-05

NOTRE ADRESSE SUR LE WEB : www.schl.ca

Bien que ce produit d'information se fonde sur les connaissances actuelles des experts en habitation, il n'a pour but que d'offrir des renseignements d'ordre général. Les lecteurs assument la responsabilité des mesures ou décisions prises sur la foi des renseignements contenus dans le présent ouvrage. Il revient aux lecteurs de consulter les ressources documentaires pertinentes et les spécialistes du domaine concerné afin de déterminer si, dans leur cas, les renseignements, les matériaux et les techniques sont sécuritaires et conviennent à leurs besoins. La Société canadienne d'hypothèques et de logement se dégage de toute responsabilité relativement aux conséquences résultant de l'utilisation des renseignements, des matériaux et des techniques contenus dans le présent ouvrage.

64856